

Time-efficient behavioural estimates of cochlear compression

Thesis Michal Fereczowski, DTU Elektro

Currently, the main tool used to diagnose and fit hearing aids for people with sensorineural hearing loss is based on the individual's frequency dependent sensitivity, the audiogram. While useful, the audiogram does not reflect any supra-threshold performance. Thus, certain hearing-aid settings may be optimal for one listener and suboptimal for another, even if the audiograms of the two listeners are similar. It has been suggested that knowledge of the nonlinear characteristics of an impaired cochlea could improve rehabilitation through individualized hearing-aid fitting. However, behavioural experiments that have been considered to enable such an extended characterization are too time-inefficient to be relevant for clinical practice.

In this thesis, a new threshold tracking method, called the "Grid" method, is developed. The main difference between the Grid and the traditional methods is the way of sampling a threshold function. While traditional approaches vary just one parameter during a single experimental run, the Grid method enables varying more than one parameter. This increases the proportion of the experimental time spent in the vicinity of the threshold function.

The first part of the thesis establishes the basis for the development of the Grid method. Two approaches to improve the time-efficiency of forward-masking experiments, and in particular, so-called temporal masking curves, were investigated. In both approaches, the single-interval up-down threshold-tracking method was used. In the first approach, the masker-level thresholds were found for a set of masker-signal gaps. In the second approach, the masker-signal gap thresholds were found for a set of masker levels. The results suggested that it was possible to derive estimates of outer hair cell loss, based on the estimated thresholds. However, practical limitations limited the accuracy of the OHC loss estimates in both methods. Moreover, the methods used in the two approaches showed complementary advantages, which could not be combined in a simple way. Next, the study defined the assumptions, hypotheses and technical details of the Grid method and compared the thresholds obtained with this method to those obtained with standard methods. The results showed strong correlation between the corresponding thresholds. While a detection task was considered in this part, the next part applied the Grid method to a discrimination task to explore the compression characteristics at low frequencies. The obtained results were in good agreement with the

corresponding results in the literature. Finally, numerical simulations were performed to assess the accuracy of the Grid method in terms of bias and variance.

Overall, the results demonstrated that the Grid method is capable of delivering a similar accuracy as current behavioural methods in a fraction of the time. While the exact time-efficiency advantage can vary based on paradigm details, a reduction in testing time by an order of magnitude can be achieved. These results may be very useful in both laboratory as well as clinical settings, where time-efficiency is an important factor.

Resume

I øjeblikket er det vigtigste værktøj til at diagnosticere og passer høreapparater til personer med sensorineuralt høretab baseret på den enkeltes frekvensafhængige følsomhed, audiogrammet. Mens nyttige, har audiogram ikke afspejler nogen overtærskel- ydeevne. Således kan visse indstillinger høreapparater være optimal for én lytter og suboptimal for en anden, selv om audiogrammer de to lyttere er ens. Det er blevet foreslået, at kendskab til de ikke-lineære egenskaber ved en forringet cochlea kunne forbedre rehabilitering gennem individualiseret høreapparater montering. Men adfærdsmæssige eksperimenter, der er blevet anset for at muliggøre en sådan udvidet karakterisering er for tid-ineffektivt at være relevante for den kliniske praksis.

I denne afhandling en ny tærskel sporing metode, kaldet 'Grid "metode", er udviklet. Den væsentligste forskel mellem Grid og de traditionelle metoder er vejen for prøveudtagning en tærskel funktion. Mens traditionelle tilgange varierer kun én parameter i løbet af en enkelt eksperimentel køre, gør det muligt for Grid metode varierer mere end én parameter. Dette øger den andel af den eksperimentelle tid i nærheden af tærskelværdien funktion. Den første del af afhandlingen fastlægger grundlaget for udviklingen af nettet metoden. To strategier til at forbedre time-effektivitet fremadrettede maskering eksperimenter, og navnlig såkaldte tidsmæssig maskering kurver, blev undersøgt. I begge fremgangsmåder blev enkelt-interval op-ned tærskel-sporing metode. I den første metode, blev fundet tærskler masker niveau for et sæt masker-signal mangler. I den anden fremgangsmåde, blev fundet gap tærskler masker-signal for et sæt af Masker niveauer. Resultaterne antydede, at det var muligt at udlede estimater for ydre tab hår celle, på grundlag af de skønnede tærskelværdier. Men praktiske begrænsninger begrænsede nøjagtigheden af OHC tabsestimater i begge metoder. Desuden, de anvendte metoder i de to fremgangsmåder viste supplerende fordele, som ikke kunne kombineres på en enkel måde. Dernæst undersøgelsen definerede de antagelser, hypoteser og tekniske detaljer i Grid-metoden og sammenlignet de tærskelværdier, der er opnået med denne metode til dem, der opnås med standardmetoder. Resultaterne viste stærk sammenhæng mellem de tilsvarende tærskler. Mens en opgave opdagelse blev betragtet i denne del, den næste del anvendt Grid metode til en opgave diskrimination at udforske kompression egenskaber ved lave frekvenser. De opnåede resultater var i god overensstemmelse med de tilsvarende resultater i litteraturen. Endelig blev numeriske simuleringer udført for at vurdere nøjagtigheden af Grid-metoden i form af fordomme og varians.

Samlet set viste resultaterne, at Grid metode er i stand til at levere en tilsvarende nøjagtighed nuværende adfærdsmæssige metoder i en brøkdelen af tiden. Mens det nøjagtige tidspunkt effektivitet fordel kan variere baseret på paradigme detaljer, der kan opnås en reduktion i test tid ved en størrelsesorden. Disse resultater kan være meget nyttig i både laboratoriet samt kliniske indstillinger, hvor tiden effektivitet er en vigtig faktor.